



Уральский  
федеральный  
университет

имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина

Институт Строительства  
и Архитектуры

**Л. В. БУЛАВИНА**

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ И МАРШРУТНОЙ СИСТЕМЫ В ГОРОДАХ

Учебно-методическое пособие





Министерство науки и высшего образования  
Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

**Л. В. Булавина**

# **ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ И МАРШРУТНОЙ СИСТЕМЫ В ГОРОДАХ**

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано методическим советом  
Уральского федерального университета для студентов,  
обучающихся по направлениям подготовки  
08.03.01, 08.04.01 «Строительство»

*2-е издание, переработанное*

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2019

УДК [711.7+656.1](07)

ББК 85.118я7+39.8я7

Б90

Рецензенты:

кафедра градостроительства, инженерных сетей и систем Архитектурно-строительного института, г. Челябинск (завкафедрой — канд. техн. наук, доц. *Д. В. Ульрих*);

проф., канд. архитектуры *С. И. Санок*, заведующий кафедрой градостроительства и ландшафтной архитектуры УрГАХА, г. Екатеринбург

Научный редактор — канд. экон. наук, доц. *А. М. Гончаров*

На обложке использовано изображение с сайта <http://www.acexpert.ru>

**Булавина, Л. В.**

**Б90** Проектирование и оценка транспортной сети и маршрутной системы в городах: учеб.-метод. пособие / Л. В. Булавина. — 2-е изд., перераб. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 80 с.

ISBN 978-5-7996-2574-0

В книге приведены методика анализа плана города с точки зрения потребности в транспорте, основные требования к проектированию транспортной сети и маршрутной системы. Даны рекомендации по размещению остановочных пунктов общественного транспорта, обоснованию типов и количества подвижного состава на маршрутах, по корректировке маршрутов на основании картограммы пассажиропотоков.

Для бакалавров, изучающих дисциплину «Городской транспорт и организация движения», и магистров, изучающих дисциплину «Транспортная инфраструктура территорий». Издание будет полезно при выполнении курсового проекта, практических работ, а также технологической части выпускных квалификационных работ (ВКР).

УДК [711.7+656.1](07)

ББК 85.118я7+39.8я7

ISBN 978-5-7996-2574-0

© Уральский федеральный университет, 2014

© Уральский федеральный университет, 2019,  
с изменениями



# Предисловие

---

**Н**астоящее учебно-методическое пособие составлено в помощь студентам при изучении дисциплины «Городской транспорт и организация движения», выполнении курсового проекта, технологической части выпускной квалификационной работы, практических работ.

Учебные работы выполняются студентами УрФУ в соответствии с рабочей программой специальной дисциплины профессионального цикла.

В пособии обобщены теоретические основы градостроительного проектирования транспортных систем городов, нормативные требования, даны рекомендации для практического применения при проектировании транспортных систем в конкретных градостроительных условиях. За основу проектирования и оценки плана города и транспортной системы принята методика, разработанная ЦНИИПГРАД Госстроя СССР и широко применяемая в проектной практике. Методика актуализирована в соответствии с новейшими требованиями нормативной градостроительной литературы.

Методика анализа плана города приведена с точки зрения потребности в транспорте, основных требований к проектированию транспортной сети и маршрутной системы. Для оценки запроектированной транспортной системы предложена методика графоаналитической оценки эффективности, основанная на построении километрических линий и изохрон.

Даны рекомендации по корректировке маршрутов на основании картограммы пассажиропотоков, выбору видов транспорта и типов подвижного состава, расчету их количества на маршруте и определению технико-эксплуатационных показателей.

В учебно-методическом пособии приведены содержание и график выполнения курсового проекта (прил. 1, 2), состав графических материалов и примеры оформления.

# 1. Характеристика плана города

---

Основой для проектирования транспортной системы является генеральный план города. Перед разработкой транспортной системы необходимо проанализировать планировочные факторы, оказывающие влияние на потребность в транспорте. Анализ плана города начинается с изучения и описания его особенностей по следующим параметрам:

- величина города (численность населения, площадь освоенной территории);
- форма и размер территории, степень компактности;
- расчлененность территории, наличие естественных и искусственных преград (реки, овраги, железные дороги и пр.);
- взаиморасположение жилых районов и промышленных объектов;
- размещение общегородского и районных центров;
- характер размещения основных фокусов пассажирского тяготения;
- удаленность населения от центра города;
- строительное зонирование территории жилой застройки;
- особенности планировки улично-дорожной сети.

## 2. Анализ плана города с точки зрения потребности в транспорте

---

**О**ценка плана города с точки зрения потребности в транспорте проводится по методике, разработанной в ЦНИИПГРАДе. Планировочное состояние города, влияющее на потребность в транспорте, оценивается рядом абсолютных и относительных показателей.

### 2.1. Размеры территории города

Размеры территории города оцениваются абсолютной и относительной величиной освоенной территории.

*Абсолютная величина ( $S$ )* измеряется в км<sup>2</sup> путем нанесения на план города контура, в пределах которого размещены все места труда, проживания, отдыха, лечения и удовлетворения культурно-бытовых, деловых и прочих потребностей населения города (табл. 2.1).

*Относительная величина* освоенной территории ( $s$ ) определяется из расчета на одного жителя города по формуле:

$$s = \frac{10^6 S_{\text{осб}}}{N}, \quad (2.1)$$

где  $N$  — численность населения города.

Таблица 2.1

**Классификация освоенных территорий**

Группа городов	Характеристика освоенной территории	Относительная величина освоенной территории $s$ , м <sup>2</sup> на жителя
I	очень большая	более 400
II	большая	400–200
III	умеренная	200–100
IV	малая	100–50
V	очень малая	50–33

**2.2. Компактность формы освоенной территории**

Все показатели оценки планировочного решения определяются как минимум для главного транспортного узла или центра города.

Под *главным транспортным узлом* города понимается узел скрещения главных транспортных диаметров города, который расположен в наибольшей близости к пунктам с наименьшей удаленностью («центром тяжести») мест труда, размещения населения и фокусов нетрудового тяготения населения.

Оценка *степени компактности* освоенной территории производится по величине коэффициента формы освоенной территории ( $\alpha_o$ ), который определяется по формуле:

$$\alpha_o = \frac{A_o}{\Delta_s}, \quad (2.2)$$

где  $A_o$  — воздушная удаленность освоенной территории от главного транспортного узла;  $\Delta_s$  — воздушная удаленность территории той же площади, но имеющей форму круга, от центра круга, км, определяемая по формуле:

$$\Delta s = \frac{2}{3} R = 0,377 \sqrt{S_{\text{осб}}} . \quad (2.3)$$

Для определения воздушной удаленности освоенной территории на план города необходимо нанести ряд окружностей через 1 км с центром в главном транспортном узле (или центре) города и подсчитать площадь каждой кольцевой зоны в границах освоенной территории.

Величина  $A_o$  определяется по формуле:

$$A_o = \frac{\sum S_{i-(i+1)}(L_i + L_{i+1})}{2S_{\text{осб}}} , \quad (2.4)$$

где  $S$  — площадь кольцевой зоны между двумя смежными окружностями в границах освоенной территории;  $L_i, L_{i+1}$  — радиусы смежных окружностей.

Расчет коэффициента формы освоенной территории  $\alpha_o$  следует приводить в форме табл. 2.2.

Таблица 2.2

Расчет коэффициента формы освоенной территории (пример)

Номер коль- цевой зоны	Границы кольцевой зоны, км	Площадь освоенной территории, км <sup>2</sup> , $S_{i-(i+1)}$	Сред- няя уда- ленность кольцевой зоны, км $\frac{L_i + L_{i+1}}{2}$	Произведение пло- щади зоны на сред- нюю удаленность $\frac{S_{i-(i+1)}(L_i + L_{i+1})}{2}$
1	0—1	3,14	0,5	1,57
2	1—2	8,86	1,5	13,29
3	2—3	15,0	2,5	37,5
4	3—4	6,0	3,5	21
Всего	—	33	—	73,36

$$A_o = \frac{73,36}{33} = 2,22 \text{ км},$$

$$\Delta s = 0,377\sqrt{33} = 2,17 \text{ км},$$

$$\alpha_o = \frac{2,22}{2,17} = 1,03.$$

По полученному значению производится классификация формы освоенной территории в соответствии с табл. 2.3.

Таблица 2.3

### Классификация форм освоенных территорий

Группа городов	Характеристика формы освоенной территории	Значение коэффициента $\alpha_o$ для главного транспортного узла города
I	весьма компактная	1,00–1,10
II	компактная	1,101–1,20
III	умеренно компактная	1,201–1,40
IV	мало компактная	1,401–1,70
V	некомпактная	1,701–2,10
VI	совсем некомпактная	Более 2,10

### Контрольные вопросы

1. Понятие «главный транспортный узел».
2. Показатель оценки степени компактности освоенной территории.
3. Эталон для оценки степени компактности территории.

### 2.3. Удаленность населения от главного транспортного узла или центра города

*Реальная удаленность населения* ( $L_{уд}$ ) — от главного транспортного узла или центра города — является измерителем степени компактности городского плана, отражающего не толь-

ко форму территории, но и характер размещения населения, особенности планировки улично-дорожной сети. Определение этого показателя производится на основе графоаналитического метода, заключающегося в построении километрограмм.

*Километрограмма* — это совокупность километрических линий, представляющих собой геометрическое место точек, равноудаленных от центра построения по дальности пешеходного движения. Для построения километрических линий от центра построения по осям всех сходящихся улиц откладываются расстояния, равные 1, 2, 3 км и т.д. (рис. 2.1). В полученных точках проводятся линии под углом  $45^\circ$  к оси улиц до их взаимного пересечения. Образуются контуры равной удаленности от центра построения при пешеходных передвижениях (рис. 2.1, 2.2).

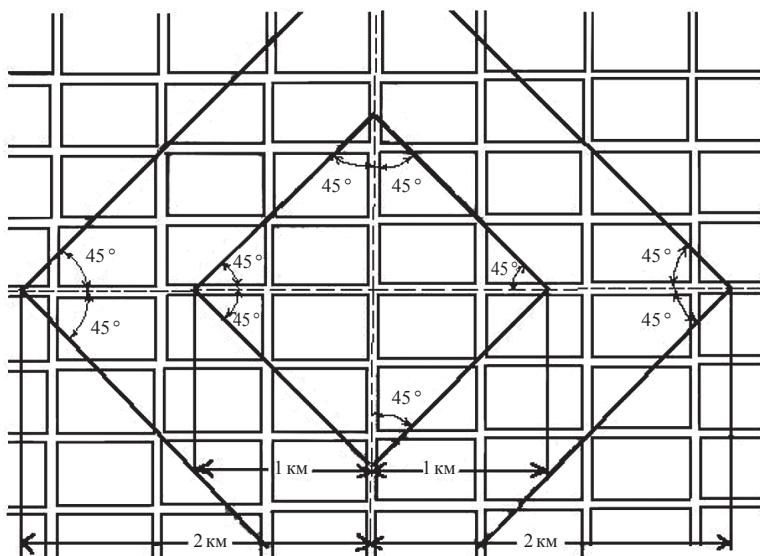


Рис. 2.1. Принцип построения километрических линий



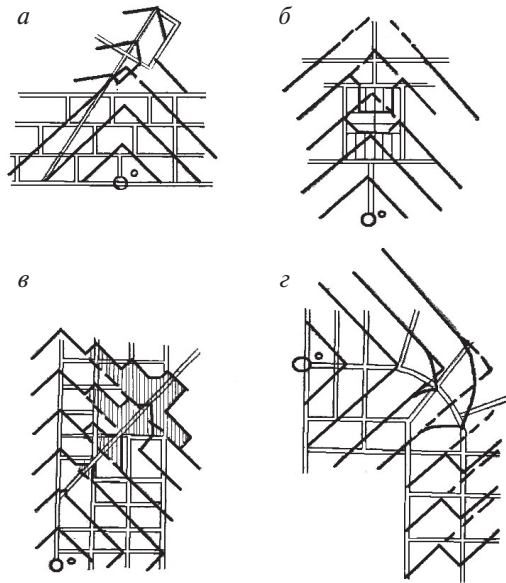


Рис. 2.2. Приемы построения километрических линий для различных элементов планировки путей сообщения:  
*а* — «противошерстная диагональ в прямоугольной планировке»;  
*б* — обход препятствия; *в* — «пошерстная диагональ в прямоугольной планировке»; *г* — поворот магистрали по кривой

Для определения величины  $L_{уд}$  необходимо совместить точечную планограмму размещения населения с километрограммой (рис. 2.3) и подсчитать численность населения, проживающего в каждой километрической зоне ( $N_{i-(i+1)}$ ).

Точечная планограмма расселения населения — это план города с нанесенными в определенном масштабе точками, количество которых соответствует численности проживающего населения. Масштаб точки зависит от величины города и масштаба плановой подосновы. Для города с населением 150–250 тыс. жителей и масштаба плана 1: 20000 рекомендуется принимать 200 чел. в 1 точке.

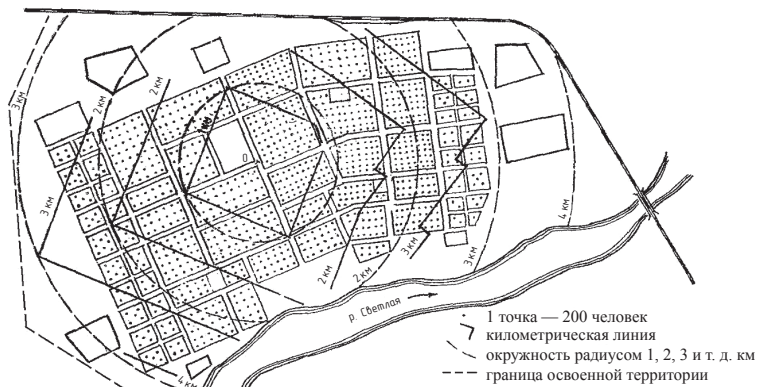


Рис. 2.3. Километрограмма относительно центра построения, совмещенная с точечной планограммой расселения населения

Показатель  $L_{уд}$  определяется по формуле:

$$L_{уд} = \frac{\sum N_{i-(i+1)} (L_i + L_{i+1})}{2N}, \quad (2.5)$$

где  $N$  — численность населения города.

Расчет показателя удаленности населения производится в табличной форме (см. табл. 2.4).

Таблица 2.4

Расчет реальной удаленности населения (пример)

Номер километрической зоны	Границы километрической зоны, км	Численность населения в зоне, тыс. чел., $N_{i-(i+1)}$	Средняя удаленность километрической зоны, км $\frac{L_i + L_{i+1}}{2}$	Произведение численности населения зоны на среднюю удаленность $\frac{N_{i-(i+1)} (L_i + L_{i+1})}{2}$
1	0—1	25,0	0,5	12,5
2	1—2	40,0	1,5	60
3	2—3	60,0	2,5	150
4	3—4	25,0	3,5	87,5
Всего	—	150,0	—	310

$$L_{уд} = \frac{310}{150} = 2,07 \text{ км}.$$

По полученному значению показателя удаленности населения производится классификация городов в соответствии с табл. 2.5.

Таблица 2.5

**Классификация городов по удаленности населения  
от главного транспортного узла (центра) города**

Группа городов	Степень удаленности населения	Значение коэффициента $L_{уд}$ от главного транспортного узла (центра) города
I	очень малая	Менее 1,50
II	малая	1,51–2,50
III	умеренная	2,51–4,00
IV	большая	4,01–6,00
V	очень большая	6,01–8,50
VI	исключительно большая	Более 8,50

## 2.4. Планировка улично-дорожной сети

Особенность планировки улично-дорожной сети, оказывающей влияние на потребность в транспорте, оценивается коэффициентом непрямолинейности связей с главным транспортным узлом (центром) города.

Коэффициент непрямолинейности линий ( $\rho_o$ ), связывающих жилые районы с главным транспортным узлом (центром) города, как и любые пункты передвижений жителей города, определяется по формуле:

$$\rho_o = \frac{L_{уд}}{L_o}, \quad (2.6)$$

где  $L_{уд}$  — реальная удаленность населения от главного транспортного узла (центра) города;  $L_o$  — воздушная удаленность населения от главного транспортного узла (центра) города.

Воздушная удаленность населения  $L_o$  определяется по точечной планограмме размещения населения путем нанесения окружностей через 1 км и подсчета количества населения по каждой кольцевой зоне ( $N_{o(i-(i+1))}$ ).

Расчет воздушной удаленности производится по формуле:

$$L_o = \frac{\sum N_{o(i-(i+1))}(L_{oi} + L_{o(i+1)})}{2N}. \quad (2.7)$$

Расчет воздушной удаленности производится в табличной форме (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Расчет воздушной удаленности населения (пример)

Номер километровой зоны	Границы километровой зоны, км	Численность населения в зоне, тыс. чел., $N_{o(i-(i+1))}$	Средняя удаленность километровой зоны, км, $\frac{L_{oi} + L_{o(i+1)}}{2}$	Произведение численности населения зоны на среднюю удаленность $N_{o(i-(i+1))}(\frac{L_{oi} + L_{o(i+1)}}{2})$
1	0–1	28	0,5	14
2	1–2	47	1,5	70,5
3	2–3	62	2,5	155
4	3–4	13	3,5	45,5
Всего	—	150,0	—	285

$$L_o = \frac{285}{150} = 1,90 \text{ км.}$$

$$\rho_o = \frac{2,07}{1,90} = 1,09.$$

По полученным значениям  $\rho_o$  оценивается конфигурация сетей городских путей сообщения по степени непрямолинейности (табл. 2.7).

Таблица 2.7

**Классификация транспортных сетей по степени непрямолинейности**

Группа городов	Степень непрямолинейности сети	Значение коэффициента непрямолинейности для главного транспортного узла (центра) города, $\rho_0$
I	исключительно высокая	более 1,30
II	очень высокая	1,25–1,30
III	высокая	1,20–1,25
IV	умеренная	1,15–1,20
V	малая	1,10–1,15
VI	очень малая	менее 1,10

Рекомендуется значение коэффициента непрямолинейности в связях с главным транспортным узлом (центром) города не более 1,15.

Полученные абсолютные и относительные показатели, характеризующие планировочное решение города и влияющие на потребность в транспорте, сводятся в табл. 2.8.

Таблица 2.8

**Показатели планировочного решения города**

№ п/п	Наименование показателя	Условное обозначение показателя	Значение показателя	Оценка показателя по классификации
1	Величина освоенной территории, км <sup>2</sup>	$S$		
2	Относительная величина освоенной территории, км <sup>2</sup> /чел.	$s$		
3	Воздушная удаленность освоенной территории, км	$A_0$		

Окончание табл. 2.8

№ п/п	Наименование показателя	Условное обозначение показателя	Значение показателя	Оценка показателя по классификации
4	Воздушная удаленность равновеликого круга, км	$\Delta_s$		
5	Коэффициент формы освоенной территории	$\alpha_o$		
6	Реальная удаленность населения, км	$L_{уд}$		
7	Воздушная удаленность населения, км	$L_o$		
8	Коэффициент непрямолинейности	$\rho_o$		

Оценка степени компактности города и непрямолинейности связей может производиться относительно любого объекта города (например, относительно крупных объектов постоянного трудового тяготения).

По результатам оценки планировочного решения города делается вывод.

## Контрольные вопросы

1. Понятие «километрограммы».
2. Принцип построения километрических линий.
3. Определение реальной удаленности населения.
4. Определение воздушной удаленности населения.
5. Коэффициент непрямолинейности.
6. Определение коэффициента непрямолинейности.

# 3. Проектирование транспортной системы города

---

## 3.1. Транспортная сеть и требования к ней

**Т***ранспортная сеть* — сеть магистральных улиц и дорог, оснащенных линиями общественного транспорта (сеть линий наземного общественного транспорта).

Развитие сети наземного общественного транспорта, а также размещение объектов его инфраструктуры следует проводить на основе Генеральных планов поселений и городских округов. Для городов с населением 250 тыс. и более — на основе Генерального плана развития и Программы комплексного развития транспортной инфраструктуры поселения, городского округа.

Проектирование транспорта в сложившемся городе должно проводиться с учетом существующей сети массового транспорта, исходя из величин расчетных пассажирских потоков в течение часа пик на максимально загруженном перегоне и основных параметров различных транспортных систем на основе сравнения вариантов по технико-экономическим показателям, социально-градостроительным и экологическим характеристикам.

При планировании развития населенного пункта в соответствии со СП 42.13330.2016 необходимо обеспечивать сбалан-

сированное развитие территории и транспортных сетей. Проектировать транспортную сеть и УДС городских и сельских поселений следует в виде единой системы в увязке с планировочной структурой поселения и прилегающей к нему территорией, обеспечивающей удобные, быстрые и безопасные транспортные связи со всеми функциональными зонами, с другими поселениями системы расселения, объектами, расположенными в пригородной зоне, объектами внешнего транспорта и автомобильными дорогами общей сети. Структура УДС должна обеспечивать возможность альтернативных маршрутов движения по дублирующим направлениям.

Транспортная сеть города должна отвечать следующим требованиям:

- обеспечивать удобные пассажирские связи по кратчайшим направлениям между местом жилья и районами приложения труда и учебы, объектами культурно-бытового назначения, центром города и центрами районов;
- обеспечивать удобные пассажирские связи объектов внешнего транспортного узла с жилыми районами и центром города;
- транспортные линии должны проходить по направлению главных пассажиропотоков;
- длина транспортных линий должна находиться в соответствии с общей площадью города и числом транспортных средств, курсирующих на сети;
- длина транспортной сети должна быть минимальной при условии максимального обслуживания территории города;
- обеспечивать пропуск ожидаемого числа транспортных средств;
- обеспечивать необходимые скорости сообщения, гарантирующие нормативные затраты времени на передвижения;

Затраты времени на передвижения от МЖ до МР для 90 % трудящихся в соответствии с рекомендациями СП



42.13330.2016 по градостроительству не должны превышать в один конец при населении

2000 тыс. чел. — 45 мин;

1000 тыс. чел. — 40 мин;

500 тыс. чел. — 37 мин;

250 тыс. чел. — 35 мин;

100 тыс. чел. — 30 мин.

Для ежедневно приезжающих на работу в город-центр из других поселений указанные нормы затрат времени допускается увеличивать, но не более чем в два раза.

Примечания:

1. Для городов с численностью населения свыше 2 млн чел. максимально допустимые затраты времени должны определяться по специальным обоснованиям с учетом фактического расселения, размещения мест приложения труда и уровня развития транспортных систем.

2. Для промежуточных значений расчетной численности населения городов указанные нормы затрат времени следует интерполировать.

- транспортная сеть должна обеспечивать надежность функционирования транспортной системы, на случай перекрытия движения на отдельных участках сети должны быть предусмотрены обходные направления;
- система городского массового пассажирского транспорта должна обеспечивать функциональную целостность и взаимосвязанность всех основных структурных элементов городской территории с учетом перспектив развития города и региона;
- при разработке проекта организации транспортного обслуживания населения следует обеспечивать быстроту, комфорт и безопасность транспортных передвижений постоянного и временного населения города, а также ежедневных мигрантов в системах расселения.

Линии наземного общественного пассажирского транспорта следует предусматривать на магистральных улицах и дорогах с организацией движения транспортных средств в общем потоке, по выделенной полосе проезжей части или на обособленном полотне, в том числе линий трамвая, скоростного трамвая, участков наземного метрополитена.

Примечания:

1. При проектировании новых трамвайных линий для внутригородского обслуживания, а также в системе расселения следует избегать прокладки трамвайных путей на одном уровне с проезжей частью, размещать их на самостоятельном или обособленном полотне.

2. При проектировании новых улиц в существующей застройке рекомендуется, а в новых районах — считать обязательным выделение специальной полосы проезжей части для движения общественного транспорта.

3. Через межмагистральные территории площадью свыше 100 га, в условиях реконструкции свыше 50 га, допускается прокладывать линии общественного пассажирского транспорта по пешеходно-транспортным улицам или обособленному полотну. Интенсивность движения средств общественного транспорта не должна превышать 30 ед./ч в двух направлениях, а расчетная скорость движения — 40 км/ч.

4. Самостоятельные полосы для движения наземного пассажирского транспорта на перегонах сложившейся сети магистральных улиц следует выделять при заторовых ситуациях в движении транспортных средств при числе полос движения не менее 3-х в одном направлении.

5. На регулируемых пересечениях самостоятельные полосы для движения наземного пассажирского транспорта следует предусматривать при транспортной загрузке магистрали не менее 0,7 от величины пропускной способности полосы движения.

В рамках проекта генерального плана запроектирована сеть магистральных улиц и дорог, которые станут основой для проектирования маршрутов общественного транспорта.

На данной стадии работы необходимо проверить соответствие запроектированной системы магистральных улиц и дорог рекомендациям СП 42.13330.2016 и требованиям к транспортной сети, установить участки магистральных улиц и дорог, по которым целесообразно проложить маршруты общественного транспорта. При расстояниях между магистральными улицами 600–1200 м маршруты целесообразно прокладывать по всем участкам, при расстояниях менее 600 м — выборочно с обеспечением 500-метровой доступности территории от транспортных линий. Для оценки запроектированной транспортной сети необходимо определить ряд показателей.

### 3.2. Показатели транспортной сети

*Протяженность транспортной сети* ( $L_c$ ) измеряется по оси улиц в одном направлении, независимо от количества маршрутов на ней, в км. Этот абсолютный показатель не дает представления об уровне транспортного обслуживания населения.

Нормируемым является относительный показатель — плотность транспортной сети.

*Плотность транспортной сети* (сети линий наземного общественного транспорта) — отношение протяженности линий общественного транспорта к площади застроенной территории, в км/км<sup>2</sup>:

$$\delta = \frac{L_c}{S_3}, \quad (3.1)$$

где  $L_c$  — протяженность транспортной сети, км;

$S_3$  — площадь застроенной территории, в км/км<sup>2</sup>.

*Застроенные территории* — территории в границах города, иного населенного пункта, за исключением части зон рекреационного назначения (территорий, занятых городскими лесами, лесопарками, городскими садами, прудами, озерами, водохранилищами, периферийных зон массового отдыха), зон сельскохозяйственных угодий, а также зон особого природоохранного назначения.

При очень высокой плотности уменьшается дальность подходов к транспортным линиям, но увеличивается время ожидания транспортных средств за счет перераспределения подвижного состава по большей протяженности сети, увеличиваются капиталовложения в строительство улиц.

При слишком малой плотности сети увеличивается дальность подходов к транспортным линиям и уменьшается время ожидания транспортных средств.

*Оптимальной* плотностью называется такая плотность, при которой обеспечиваются минимальные затраты времени на передвижения.

Затраты времени на передвижения складываются из времени подхода к остановочным пунктам посадки, ожидания транспортных средств, поездки на транспорте и отхода от остановки высадки до объекта посещения (см. формулы 6.2, 6.3).

Чем больше плотность транспортной сети, тем меньше затраты времени на подходы к остановочным пунктам и отходы от них, но при этом возрастает время ожидания транспорта, так как подвижной состав распределяется по большей протяженности транспортных линий и, как следствие, возрастает величина маршрутного интервала. Расчеты показывают, что величина оптимальной плотности, обеспечивающей минимальные затраты времени на передвижения, находится в пределах 1,5–2,5 км/км<sup>2</sup>.

### **Рекомендации по плотности транспортной сети в городах**

Свод правил СП 42.13330.2016, актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89\* [2], рекомендует следующее: плотность

сети линий наземного общественного пассажирского транспорта на застроенных территориях необходимо принимать в зависимости от функционального использования и интенсивности пассажиропотоков. Рекомендации по величине плотности из данной редакции СП исключены. При назначении величины плотности сети линий наземного пассажирского транспорта рекомендуется ориентироваться на местные нормативы градостроительного проектирования.

В соответствии с рекомендациями НГПСО 1–2009.66 (Нормативы градостроительного проектирования Свердловской области), минимальные расчетные показатели плотности сети линий общественного пассажирского транспорта в жилых, общественно-деловых и производственных функциональных и территориальных зонах должны быть не меньше значений, приведенных в табл. 3.1.

Таблица 3.1

**Минимальные расчетные показатели плотности сети  
пассажирского транспорта**

Функциональные, территориальные зоны и типы застройки	Плотность сети линий общественного пассажирского транспорта, км/км <sup>2</sup>
Жилая застройка:	
• малоэтажными жилыми домами;	1,5
• среднеэтажными жилыми домами и смешанная (средне- и малоэтажная);	1,8
• многоэтажными жилыми домами (5–9 этажей);	2,0
• то же, повышенной этажности (более 9 этажей)	2,5
Общественно-деловая зона:	
• в центрах городов с населением более 250 тыс. чел.;	2,5
• в центрах других населенных пунктов	2,0
Производственная зона	2,0

При проектировании транспортной сети в Екатеринбурге следует опираться на «Нормативы градостроительного проектирования городского округа — муниципального образования «город Екатеринбург», которые рекомендуют: значения минимальных расчетных показателей плотности сети линий общественного пассажирского транспорта должны быть не менее значений, приведенных в табл. 3.2.

Таблица 3.2

**Минимальные расчетные показатели сети линий пассажирского транспорта**

Территории нормирования	Значение расчетного показателя, км/км <sup>2</sup>
Территории сформировавшейся среднетажной и многоэтажной застройки, применительно к которым может быть принято решение о развитии застроенных территорий	2,5
Территории сформировавшейся малоэтажной застройки, применительно к которым может быть принято решение о развитии застроенных территорий	1,5
Территории, свободные от застройки, применительно к которым может быть принято решение о комплексном освоении территорий	2,0

Плотность транспортной сети, как правило, уменьшается от центра к периферии, так как в центре наиболее высокая величина пассажиропотоков. Рекомендуется более плотная сеть при сложном рельефе, в холодных северных районах.

Для разных видов транспорта рекомендуется различная плотность. Чем выше капиталовложения и провозная способность, тем ниже рекомендуемая плотность транспортной сети.

Автобус — 1,5–2,5 км/км<sup>2</sup>.

Троллейбус — 1,0–2,0 км/км<sup>2</sup>.

Трамвай — 0,5–1,5 км/км<sup>2</sup>.

Метрополитен — 0,25–0,6 км/км<sup>2</sup>.

Д. С. Самойлов рекомендует средневзвешенные плотности транспортной сети принимать в зависимости от величины города (табл. 3.3).

Таблица 3.3

**Рекомендуемые значения плотности транспортной сети**

Население города, тыс. чел.	500–1000	250–500	100–250	50–100
Оптимальная плотность транспортной сети, км/км <sup>2</sup>	2,3–2,6	2,0–2,3	1,7–2,0	1,4–1,6

Транспортные сети по плотности классифицируются на 6 категорий (табл. 3.4).

Таблица 3.4

**Классификация транспортных сетей по плотности**

Группа городов	Степень плотности транспортных сетей	Значение плотности, $\delta$
I	очень малая	до 1,05
II	малая	1,05–1,50
III	умеренная	1,50–1,90
IV	плотные	1,90–2,25
V	очень плотные	2,25–2,50
VI	исключительно плотные	более 2,50

*Непрямолинейность транспортных линий* оценивается коэффициентом непрямолинейности (см. формулу 2.6, с. 13).

Рекомендуется средний по городу коэффициент непрямолинейности не более 1,25 с главным транспортным узлом (центром города) не более 1,15.

Показатель *обслуженности населения транспортными линиями* определяется отношением численности населения, проживающего в зоне пешеходной доступности от транспортных линий, к общей численности населения города по формуле:

$$n_R = \frac{N_R}{N}, \quad (3.2)$$

где  $N_R$  — численность населения, проживающего в радиусе пешеходной доступности транспортных линий.

На стадии Генерального плана при отсутствии данных о размещении остановочных пунктов достаточно построить линии, параллельные транспортным магистралям, оснащенным общественным транспортом, на расстоянии, равном радиусу пешеходной доступности, уменьшенному на коэффициент непрямолинейности пешеходных путей при подходе к остановочным пунктам (коэффициент непрямолинейности можно принимать равным 1,2–1,25) (рис. 3.1, а).

Для оценки обслуженности территории на существующий период, когда известно размещение остановочных пунктов, необходимо построить изодистанты относительно остановочных пунктов общественного транспорта радиусом, равным пешеходной доступности, уменьшенной на коэффициент непрямолинейности (рис. 3.1, б).

Для оценки обслуженности территории жилых районов и микрорайонов общественным транспортом применяется принцип километрограмм (рис. 3.1, в). Примеры построения зон обслуженности общественным транспортом приведены на рис. 3.1.

Уровень обслуживания населения линиями общественного пассажирского транспорта в радиусе пешеходной доступности должен быть не менее 100 % в зонах средне- и многоэтажной застройки; 90 % — в зонах малоэтажной и усадебной застройки.



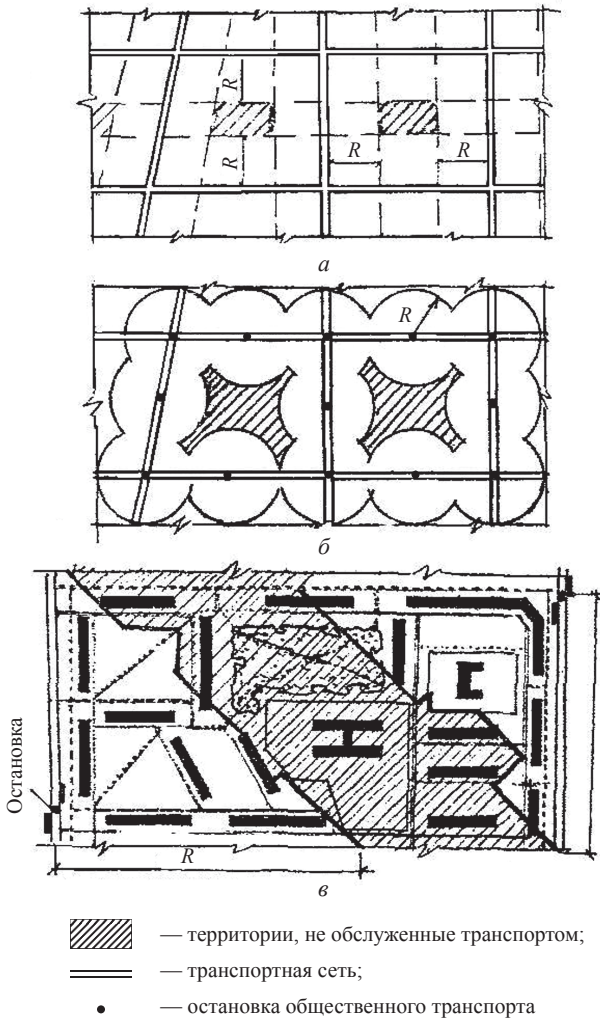


Рис. 3.1. Построение зон обслуживания населения транспортом:  
*a* — при отсутствии сведений о размещении остановочных пунктов;  
*б* — изодистанты остановочных пунктов; *в* — по принципу километрограмм;  
 $R$  — радиус пешеходной доступности

### 3.3. Проектирование маршрутной системы

Проектирование маршрутной системы является сложной и ответственной задачей, так как именно она определяет уровень транспортного обслуживания, удобство и комфортность поездок жителей города

Классификация маршрутов.

*По режиму эксплуатации:*

- постоянные, обслуживающие направления с устойчивыми потоками;
- временные, обслуживающие направления с периодическими потоками (сезонные маршруты или для обслуживания массовых мероприятий).

*По характеру использования:*

- основные, выполняющие самостоятельную работу по перевозке пассажиров между различными пунктами тяготения;
- подвозящие, выполняющие вспомогательную роль по доставке пассажиров к остановкам и станциям скоростных или с ускоренным движением видов транспорта с более высокой провозной способностью.

*По скорости:*

- обычные;
- экспрессные с удлинёнными перегонами и приоритетом в движении;
- скоростные.

*По отношению к плану города:*

- внутренние;
- вылетные.

*По начертанию:*

- в городах с радиально-кольцевой или комбинированной схемой улично-дорожной сети характерны радиальные, двухрадиальные, кольцевые, полукольцевые, радиально-кольцевые, диаметральные, касательные маршруты;

- в городах с прямоугольной схемой улично-дорожной сети характерны продольные, поперечные, диагональные маршруты или маршруты широтного и меридианального направлений.

Требования к маршрутным системам:

- направление маршрутов должно соответствовать направлению пассажиропотоков;
- маршруты должны соединять районы проживания с основными объектами тяготения и с центром города по возможности по кратчайшим направлениям;
- маршруты должны обеспечивать по возможности беспересадочные связи района проживания со всеми основными фокусами тяготения населения;
- конечные пункты маршрутов должны размещаться, как правило, вне центральной зоны города, где затруднительно выделить необходимые свободные площади для разворота и отстоя транспорта;
- при наличии в городе двух и более видов транспорта маршрутная система должна быть координированной, обеспечивающей удобные пересадки с одного вида транспорта на другой;
- кольцевые маршруты городского транспорта рекомендуется проектировать в городах с населением свыше 500 тыс. жителей.

В проектах, как правило, предусматривается вариантное предложение транспортной системы и обоснование наиболее целесообразного варианта. В рамках курсового проекта необходимо запроектировать два варианта и выбрать для дальнейшего проектирования вариант, характеризующийся лучшими показателями.

### **Принципы проектирования маршрутных систем**

В практике проектирования маршрутных систем сложились два принципа построения систем.

Для городов, не имеющих скоростных видов транспорта, сохраняется принцип обеспечения наименьшей пересадочности

сообщений с основными фокусами тяготения, с центром города, объектами внешнего транспортного узла и, по возможности, между собой. По этому принципу строились маршрутные системы в городах в советский период.

Для городов с развитой системой скоростного транспорта целесообразен «гантельный» принцип организации маршрутов, состоящих из основных магистральных и второстепенных подводящих маршрутов. Такая организация маршрутов предполагает повышенную планируемую пересадочность с второстепенных на основные магистральные маршруты.

Во многих городах мира оптимизация маршрутной сети наземного транспорта связана с внедрением системы транк-фидер (trunk-feeder system), практически это система магистральных и подводящих линий. Идея заключается в организации нескольких выделенных скоростных магистральных (trunk) линий с узлами пересадок на короткие подводящие (feeder) линии.

Магистральные линии характеризуются следующими признаками:

- применением транспортных средств большой вместимости,
- организацией выделенной линии (полосы) для движения,
- организацией бесветофорного движения на всем пути или по крайней мере в режиме «зеленой волны»,
- малым количеством остановок (они же узлы пересадок на подводящие), протяженными перегонами.

Классическим примером такой системы является Москва с метро в качестве магистрального транспорта и наземного транспорта в качестве подводящего. Метро и является идеальной системой магистрального движения, к сожалению, и самой дорогой. При пересадке на скоростные магистральные линии удается компенсировать потери времени за счет высокой скорости на магистральной линии.

Кроме trunk-feeder, встречается термин BRT (Bus Rapid Transit), или скоростные автобусные линии (метробус). Такая

система используется во многих странах мира — Корее, Бразилии, Китае, США и др. Скоростные линии автобуса выделяются посередине дороги или на эстакадах. В Сеуле это левая полоса дороги, выкрашенная в красный цвет.

Система таких скоростных автобусных линий и используется в качестве магистралей в рамках системы trunk-feeder. Как вариант системы в случае с автобусами применяется комбинированная схема, когда одни и те же автобусы могут сходить с магистральной линии и завершать маршрут уже в режиме обычных наземных линий.

Исходя из мирового опыта, в качестве магистральных линий может использоваться как подземный, так и наземный, как рельсовый, так и безрельсовый транспорт. Основным его качеством является *скорость*, которая может обеспечиваться бесветофорным приоритетным движением наземного транспорта с редкими остановками. Простым увеличением вместимости и частоты движения на длинных маршрутах без создания условий для скоростного движения невозможно добиться эффекта, чтобы езда с пересадкой приводила к заметному уменьшению времени поездки.

### 3.4. Показатели маршрутной системы

*Протяженность маршрутной сети ( $L_m$ )*, определяется суммой длин всех маршрутов. Этот абсолютный показатель также не свидетельствует о достаточности маршрутов и степени удобства пользования ими.

Одним из сложных вопросов проектирования является определение необходимого числа маршрутов. Число маршрутов зависит от протяженности, плотности и конфигурации транспортной сети, так как для более развитой транспортной сети требуется большее число маршрутов.

В городах с рассредоточенными местами жительства и местами постоянной работы и отдыха маршрутов требуется больше, чем в городах такого же размера с концентрированным размещением жилых районов и мест приложения труда.

Общее число маршрутов в системе должно находиться в соответствии с количеством подвижного состава, работающего на ней. При увеличении числа маршрутов интервалы движения, а следовательно, и время ожидания транспортных средств будут увеличиваться.

*Разветвленность маршрутной сети.* Оценкой степени разветвленности и достаточности числа маршрутов является *маршрутный коэффициент*, который определяется отношением протяженности маршрутной сети к протяженности транспортной сети:

$$\mu = \frac{L_m}{L_c}, \quad (3.2)$$

где  $\mu$  — маршрутный коэффициент.

Ориентировочное количество маршрутов может быть определено по формуле:

$$n_m = \frac{L_c \mu}{l_{cp}}, \quad (3.3)$$

где  $L_c$  — протяженность транспортной сети, км;

$l_{cp}$  — средняя протяженность маршрута, км.

Средняя протяженность маршрута определяется размерами города и средней дальностью поездки пассажиров. Анализ существующих маршрутных систем показал, что средняя длина маршрута составляет  $l_{cp} = (3-4) L_{cp}$ , где  $L_{cp}$  — средняя дальность поездки пассажира, км, определяемая ориентировочно по табл. 3.5.

Таблица 3.5

**Средняя протяженность маршрутов**

Население, тыс. чел.	Площадь города, км <sup>2</sup>	Средняя дальность поездки пассажира, км	Средняя протяженность маршрута, км
1000—3000	100—300	3—4,5	9—18
3000—10000	30—100	2,15—3,0	6—12
100—300	10—30	1,75—2,15	5—8

Рациональность начертания и трассировки маршрутов оценивается коэффициентом непрямолинейности по формуле:

$$\rho = \frac{l_m}{l_o}, \quad (3.4)$$

где  $l_m$  — расстояние между конечными пунктами маршрута по транспортной сети, км;

$l_o$  — расстояние между конечными пунктами маршрута по воздушной линии, км.

Средний коэффициент непрямолинейности для всей маршрутной системы определяется по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\sum \rho_i l_{mi}}{\sum l_{mi}}. \quad (3.5)$$

Каждый отдельный маршрут может иметь более высокие коэффициенты непрямолинейности, чем в среднем по городу, в зависимости от планировки улично-дорожной сети. Например, в условиях прямоугольной системы улично-дорожной сети наибольшее значение этого коэффициента составит 1,42, большее значение может быть вызвано либо нарушением принципа прокладки по кратчайшему направлению, либо расчлененностью плана города реками, железной дорогой, оврагами и необходимостью объезда препятствий.

Устанавливая длину маршрута, необходимо также учитывать обеспечение периодического отдыха водителей, предусмотренного правилами технической эксплуатации водителей. Исходя из этого требования, продолжительность рейса должна быть не более 60 мин. Минимальная длина маршрута определяется дальностью пешеходного пути за время, равное 30 мин, т. е. 2,0–2,5 км. Маршруты меньшей протяженности проектировать не рекомендуется.

Для каждого варианта маршрутной сети составляется таблица характеристики маршрутов, которая приводится в пояснительной записке (табл. 3.6) и на схеме маршрутов в прил. 2.

Таблица 3.6

**Характеристика маршрутов**

№ маршрутов	Наименование или номер начального и конечного пунктов маршрута	Основные промежуточные пункты	Протяженность, км		Коэффициент непрямолинейности маршрута
			по трассе маршрута, км	по воздушной линии, км	
		Итого	$L_m = \sum l_{im}$		

**Контрольные вопросы**

1. Понятие «транспортная сеть».
2. Показатели транспортной сети.
3. Плотность транспортной сети.
4. Рекомендуемые значения плотности транспортной сети.
5. Обслуженность населения транспортными линиями.
6. Требования к проектированию транспортной сети.
7. Требования к проектированию маршрутной системы.
8. Показатели маршрутной системы.
9. Маршрутный коэффициент.



## 4. Размещение остановочных пунктов

---

**На** выбранном варианте маршрутной системы необходимо разместить остановочные пункты так, чтобы обеспечить наибольшие удобства для пассажиров, наименьшие затраты времени на подход к остановкам и пересадку, безопасность движения пешеходов и пассажиров, наиболее высокие скорости сообщения.

Положение ряда остановочных пунктов определяется размещением главных фокусов тяготения населения (предприятия, центр города, административные, хозяйственные, культурно-просветительные и прочие объекты).

Расстояние между остановочными пунктами пассажирского общественного транспорта в пределах города и других населенных пунктов следует принимать для автобуса, троллейбуса и трамвая 400–600 м, для экспресс-автобуса, троллейбуса и трамвая — 800–1200 м, для метрополитена — 1000–2000 м, для городской электрички — 1500–2000 м.

Протяженность (дальность) пешеходных подходов до ближайших остановок общественного транспорта от входов в жилые дома или на объекты приложения труда следует принимать не более 500 м. В районах застройки индивидуальными жилыми домами дальность пешеходных подходов до ближайшей остановки общественного транспорта может быть увеличена: в го-

родах с населением свыше 250 тыс. чел. — до 600 м, в остальных населенных пунктах — до 800 м.

В общегородском центре дальность пешеходных подходов от объектов массового посещения до ближайшей остановки общественного транспорта должна быть не более 250 м, в производственных и коммунальных зонах — не более 400 м от проходных предприятий, в зонах массового отдыха и спорта (кроме стадионов и дворцов спорта) — не более 800 м от главного входа.

В условиях сложного рельефа при отсутствии специального подъемного пассажирского транспорта указанные выше расстояния следует уменьшать на 50 м на каждые 10 м преодолеваемого перепада рельефа.

Остановочные пункты желательно размещать в зоне перекрестков, так как при этом обеспечивается наиболее удобный подход для большинства пассажиров и сокращение времени при пересадках. Возможно размещение в середине длинных перегонов (1000–1200 м). При наличии крупных пассажирообразующих пунктов, размещенных вдали от перекрестков, остановки можно размещать на перегонах у пешеходных переходов.

#### **Размещение остановочных пунктов по отношению к пересекающим улицам**

Остановочные пункты автобуса и троллейбуса целесообразнее размещать за перекрестком, так как уменьшаются задержки при прохождении регулируемых перекрестков и исключаются помехи для транспорта, поворачивающегося направо. Остановочные пункты следует размещать на расстоянии не менее 20 м после перекрестка. Расстояние от площадки остановки подвижного состава до ближайшего наземного пешеходного перехода следует принимать 20–30 м, до ближайшего входа в подземный пешеходный переход — не менее 5 м.

До пересечения размещают остановочные пункты, если там расположен крупный пассажирообразующий объект или вход в подземный пешеходный переход. Также остановочные пункты размещаются перед перекрестком, если за ним начинается

въезд на мост, в тоннель, путепровод или для обеспечения удобства и сокращения времени при пересадках на другие маршруты или виды транспорта.

При размещении остановок перед перекрестком расстояние от линии тротуаров до указателя остановочного пункта должно быть не менее 40 м.

Размещение остановочных пунктов троллейбуса перед перекрестками допускается при наличии специальной полосы для их движения или при соответствующем обосновании.

Остановочные пункты трамвая целесообразнее размещать перед перекрестками за 3 м до пешеходного перехода, при наличии подземного перехода — не ближе 5 м от пересечения.

Расположение остановок трамвая допускается за перекрестком, если за ним расположены крупный пассажирообразующий объект или вход в подземный переход, исчерпана пропускная способность проезжей части перед пересечением, сокращается время при пересадках на другие маршруты и виды транспорта.

Для эффективности обеспечения приоритетного движения трамвая через регулируемые перекрестки остановочные пункты целесообразнее размещать за перекрестком.

При расположении остановочных пунктов за перекрестком указатель остановки следует располагать так, чтобы трамвай останавливался в 3–5 м за пешеходным переходом, входом в подземный переход, но не ближе 5 м от пересечения, считая от заднего бампера трамвая.

Конечные оборотные пункты трамвая устраиваются в виде тупиков, треугольников, петель и колец с тупиками или без них. В застроенной части города в стесненных условиях возможно организовать оборотный пункт с объездом вокруг кварталов. Радиус разворота рекомендуется 30 м, минимальный — 20 м.

Конечные пункты автобуса и троллейбуса требуют площадки для разворота и отстоя. Радиус разворота автобуса рекомендуется 15 м, минимальный — 13 м. На разворотных площадках предусматривается отстой 30 % машин, работающих на марш-

рутах. Ширина площадки или проезжей части улицы, необходимая для разворота троллейбусов на  $180^\circ$ , должна быть не менее 28 м.

## Контрольные вопросы

1. Расстояния между остановочными пунктами общественного транспорта.
2. Дальность пешеходных подходов к остановочным пунктам.
3. Размещение остановочных пунктов автобуса и троллейбуса.
4. Размещение остановочных пунктов трамвая.
5. Конечные оборотные пункты.

## 5. Сравнение запроектированных вариантов транспортной сети и маршрутной системы

---

Сравнение производится по следующим показателям:

а) плотность транспортной сети, определяемая по формуле:

$$\delta = \frac{L_{сз}}{S_з}, \quad (5.1)$$

где  $L_{сз}$  — протяженность транспортной сети в границах застроенной территории, км;  $S_з$  — площадь застроенной территории города, км<sup>2</sup>;

б) маршрутный коэффициент, определяемый по формуле:

$$\mu = \frac{L_m}{L_c}, \quad (5.2)$$

где  $L_m = \sum l_{im}$  — протяженность маршрутов в границах освоенной территории, км;  $L_c$  — протяженность транспортной сети в границах освоенной территории, км;

в) коэффициенты непрямолинейности маршрутов, определяются по формуле:

$$\rho = \frac{l_m}{l_o}, \quad (5.3)$$

где  $l_m$  — расстояние между конечными пунктами маршрута по транспортной сети, км;  $l_o$  — расстояние между конечными пунктами маршрута по воздушной линии, км;

г) средний коэффициент непрямолинейности для всей маршрутной системы, определяется по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\sum \rho_i l_{mi}}{\sum l_{mi}}. \quad (5.4)$$

Перечисленные выше показатели по каждому из вариантов записываются в табл. 5.1.

Таблица 5.1

**Сравнение запроектированных вариантов транспортной сети  
и маршрутной системы**

№ п/п	Показатели	Единицы измерения	Варианты	
			I	II
1	Площадь освоенной территории города	км <sup>2</sup>		
2	Протяженность транспортной сети в границах освоенной территории	км		
3	Площадь застроенной территории города	км <sup>2</sup>		
4	Протяженность транспортной сети в границах застроенной территории	км		
5	Плотность транспортной сети в границах застроенной территории	км/км <sup>2</sup>		
6	Протяженность маршрутов по оси улиц	км		
7	Маршрутный коэффициент	—		
8	Средний коэффициент непрямолинейности маршрутной системы	—		
9	Обслуженность населения транспортными линиями	%		

Полученные по вариантам показатели сравниваются с рекомендуемыми значениями:

а) средняя плотность транспортной сети должна находиться в пределах  $1,5\text{--}2,5 \text{ км/км}^2$  в зависимости от численности населения города (табл. 3.1 с. 23);

б) маршрутный коэффициент рекомендуется принимать в зависимости от величины города, его планировки и структуры, равным  $2\text{--}4$ ;

в) коэффициент непрямолинейности маршрутной системы зависит от величины города, его планировочной структуры, степени компактности, расчлененности естественными и искусственными препятствиями, планировки улично-дорожной сети, рекомендуется в пределах  $1,0\text{--}1,4$ ;

г) уровень обслуживания населения линиями общественного пассажирского транспорта в радиусе пешеходной доступности должен быть не менее  $100\%$  в зонах средне- и многоэтажной застройки;  $90\%$  — в зонах малоэтажной и усадебной застройки.

По результатам табл. 5.1 необходимо выбрать наиболее рациональный по показателям вариант маршрутной системы, для которого необходимо разместить остановочные пункты.

## 6. Оценка эффективности запроектированной транспортной сети и маршрутной системы

---

Показателями эффективности транспортной системы являются трудность сообщения с центром города ( $T_{\text{ср}}$ ), коэффициент эффективности системы транспорта ( $\epsilon$ ) и скорость передвижения ( $V_{\text{пер}}$ ).

Для определения количественных показателей оценки доступности центра должны быть рассчитаны и построены изохронограммы с учетом передвижений всеми способами.

*Изохрона* — геометрическое место точек, равноудаленных по времени передвижения от центра построения. Изохроны строятся с интервалом в 10 мин по всем возможным направлениям передвижений в пределах города.

Затраты времени на передвижения определяются по изохронограмме, построенной для трех скоростей — скорости пешеходного движения, наземного общественного транспорта и внеуличного скоростного транспорта (рис. 6.1).

Для построения изохроны от центра по улицам во всех направлениях откладывается расстояние ( $l_{\text{пеш}}$ ), преодолеваемое пешеходом за время, соответствующее изохроне ( $T_i$ ),



$$L_{\text{пеш}} = T_i V_{\text{пеш}}, \quad (6.1)$$

где  $T_i$  — время, соответствующее изохроне 10, 20 и т. д., мин;  
 $V_{\text{пеш}}$  — скорость пешеходного движения — 70 м/мин.

По принципу построения километрических линий строится контур 10, 20-ти и т. д. минутной пешеходной удаленности ( $L_{\text{пеш}}$ ) от центра построения. Для построения контура транспортной удаленности центра от всех остановочных пунктов по улицам во всех направлениях откладывается расстояние отхода от остановок, возможное в пределах времени, соответствующего изохроне. Через полученные точки проводятся линии под углом  $45^\circ$  к оси улиц до их взаимного пересечения (рис. 6.1, с. 43). Расстояния отхода от остановок за остаточное время в пределах каждой изохроны определяются по уравнениям (6.6–6.8).

При пользовании общественным транспортом время передвижений, соответствующее изохроне, складывается из следующих элементов:

$$T_i = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5, \quad (6.2)$$

где  $t_1$  — время подхода к остановочному пункту, мин:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_{\text{пеш}}}, \quad (6.3)$$

$l_1$  — расстояние подхода от центра построения до остановочного пункта посадки, м;

$t_2$  — время ожидания нужного маршрута транспорта на остановке, мин;

$t_3$  — время поездки на транспорте, мин;

$t_4$  — возможное в пределах изохроны остаточное время отхода от остановочного пункта, мин;

$t_5$  — время пересадки, включающее время перехода и время ожидания нужного маршрута, мин. На стадии генерального плана и комплексной транспортной схемы для пересадок на уличных видах транспорта время перехода можно не учитывать.

Дальность отхода ( $y$ ) от остановки высадки до того пункта, где будет полностью израсходовано время, соответствующее изохроне, определяется по формуле:

$$y = t_4 V_{\text{пеш}}. \quad (6.4)$$

Остаточное время ( $t_4$ ) определяется из уравнения 6.5:

$$t_4 = T_i - (t_1 + t_2 + t_3 + t_5). \quad (6.5)$$

Подставляя в формулу (6.5) значения составляющих, получим уравнение изохроны:

- для беспересадочных передвижений

$$y = V_{\text{пеш}} T_i - (l_1 + V_{\text{пеш}} \frac{t_m}{2} + V_{\text{пеш}} \frac{X}{V_c}); \quad (6.6)$$

- для пересадочных передвижений с использованием наземного общественного транспорта

$$y = V_{\text{пеш}} T_i - (l_1 + V_{\text{пеш}} \frac{t_m (n+1)}{2} + V_{\text{пеш}} t_{\text{пер}} + V_{\text{пеш}} \frac{X}{V_c}), \quad (6.7)$$

где  $t_m$  — маршрутный или сетевой интервал, мин;

$n$  — количество пересадок;

$X$  — расстояние между остановочными пунктами посадки и высадки (дальность поездки), м;

$V_c$  — скорость сообщения транспорта, м/мин.

При передвижениях с использованием двух маршрутов с разными маршрутными интервалами используется формула:

$$y = V_{\text{пеш}} T_i - (l_1 + V_{\text{пеш}} \frac{t_{m1}}{2} + V_{\text{пеш}} \frac{t_{m2}}{2} + \frac{V_{\text{пеш}}}{V_c} X). \quad (6.8)$$

При передвижениях с использованием только внеуличного скоростного транспорта расчет  $y$  следует производить по тем же формулам (6.6 и 6.7), принимая соответствующую этому виду транспорта скорость сообщения ( $V_c$ ).

При передвижениях с использованием двух видов транспорта с разными скоростями (наземного и внеуличного) используется формула:

$$y = V_{\text{пеш}} T_i - (l_1 + V_{\text{пеш}} \frac{t_{m_1}}{2} + V_{\text{пеш}} t_{\text{перех}} + \frac{V_{\text{пеш}}}{V_c} X_1 + V_{\text{пеш}} \frac{t_{m_2}}{2} + \frac{V_{\text{пеш}}}{V_c} X_2), \quad (6.9)$$

где  $l_1$  — расстояние подхода от центра построения до остановочного пункта посадки, м;

$t_{m_1}$  — маршрутный или сетевой интервал при первой маршрутной поездке, мин;

$t_{m_2}$  — маршрутный или сетевой интервал при пересадке на второй маршрут или вид транспорта, мин;

$X_1$  — расстояние между остановочными пунктами посадки и высадки до пересадки (дальность первой маршрутной поездки), м;

$X_2$  — расстояние между остановочными пунктами посадки и высадки после пересадки (дальность второй маршрутной поездки), м;

$V_{c_1}$  — скорость сообщения транспорта до пересадки, м/мин;

$V_{c_2}$  — скорость сообщения транспорта после пересадки, м/мин.

Расчет значений  $y$  производится в табличной форме (табл. 6.1) для всех остановочных пунктов общественного транспорта, кроме остановки в центре построения. При размещении остановочного пункта посадки в центре построения величина  $l_1 = 0$ .

Изохроны могут быть построены с использованием рекомендуемых значений маршрутных интервалов и нормируемых скоростей сообщения для различных видов транспорта, транспортно-эксплуатационных показателей транспортных хозяйств города или по фактическому реальному времени на основании данных обследований скоростей движения и задержек в пути методом «заездов в потоке».

Показатель трудности сообщения ( $T_{cp}$ ) определяется по формуле (6.10), расчет производится в табличной форме (табл. 6.2).

Таблица 6.1  
Расчет значений  $\gamma$  для построения изохронограммы

№ остановочных пунктов	Расстояние от центра построения до остановочного пункта посадки, $l_1$ , м		Маршрутный интервал, мин		$V_{пеш}(t_{м1} + t_{м2})/2$ , или (при $t_{м1} = t_{м2}$ ) $V_{пеш} t_m (n+1)/2$ , м	Скорость сообщения, $v$ , м/мин	Дальность поездки на транспорте, $X$ , м	$V_{пеш} X/V_{с, м}$	$l_1 + V_{пеш}(t_{м1} + t_{м2})/2 + V_{пеш} X/V_{с, м}$	Расстояние пешеходного передвижения от остановочных пунктов, $\gamma$ , м		
	При первой маршрутной поездке, $t_{м1}$	При пересадке, $t_{м2}$								результат $\gamma^{10} = 700 -$ 9-го столбца	результат $\gamma^{20} = 1400 -$ 9-го столбца	результат $\gamma^{30} = 2100 -$ 9-го столбца
1	2	3	4	5	6	7	7	7	9	10	11	12
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
и т.д.												

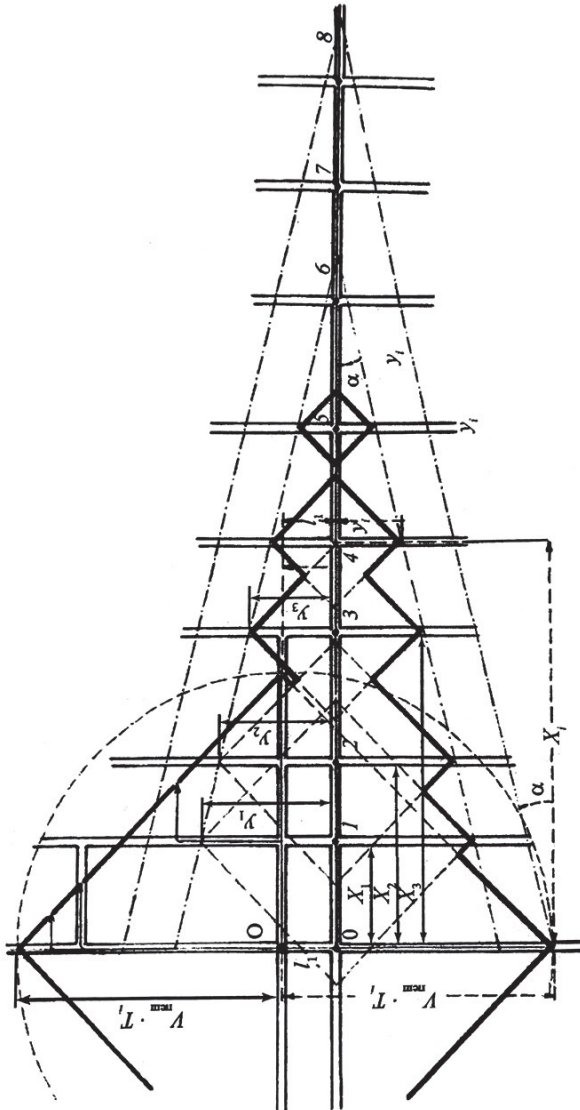


Рис. 6.1. Пример построения изохроны

Для определения трудности сообщения ( $T_{\text{ср}}$ ) необходимо совместить изохронограмму относительно центра города с точечной планограммой размещения населения и подсчитать численность населения в каждой временной зоне. Трудность сообщения определяется по формуле:

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{i-(i+1)} \cdot (T_i + T_{i+1})}{2N}, \quad (6.10)$$

где  $N_{i-(i+1)}$  — население в зоне между смежными изохронами  $i$  и  $(i+1)$ ;  $i, i+1$  — индексы изохрон;  $N$  — население города;  $n$  — количество изохрон.

Таблица 6.2

**Пример расчета трудности сообщения с центром города**

№ зоны между изохронами	Границы зоны между изохронами, мин	Количество жителей $N_{i-(i+1)}$ , тыс. чел.	Средние затраты времени на перемещение до центра города, $\frac{T_i + T_{i+1}}{2}$ , мин	Момент $\frac{N_{i-(i+1)} \cdot (T_i + T_{i+1})}{2}$ , тыс. чел., мин
1	1–10	48,6	5	243
2	10–20	120,2	15	1803
3	20–30	1,2	25	30
Всего		180		2076

В данном примере (табл. 6.2) трудность сообщения с центром города составит

$$T_{\text{ср}} = \frac{2076}{180} = 12,2 \text{ мин.}$$

Трудность сообщения очень малая (табл. 6.3).

Коэффициент эффективности ( $\varepsilon$ ) системы определяется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{t_{\text{ср}}}{T_{\text{ср}}} = \frac{V_{\text{пер}}}{V_{\text{пеш}}}, \quad (6.11)$$

где  $t_{\text{ср}}$  — пешеходная трудность сообщения с центром города, мин;  
 $V_{\text{пер}}$  — средняя итоговая условная скорость передвижения населения к главному транспортному узлу, км/час;  
 $V_{\text{пеш}}$  — скорость движения пешехода, км/час:

$$V_{\text{пер}} = \frac{60 \cdot L_{\text{уд}}}{T_{\text{ср}}}. \quad (6.12)$$

Величина ( $t_{\text{ср}}$ ) определяется по формуле:

$$t_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot L_{\text{уд}}}{V_{\text{пеш}}}. \quad (6.13)$$

В данном примере при  $L_{\text{уд}} = 2,03$  км (табл. 2.2)  $t_{\text{ср}}$  составит

$$t_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot 2,03}{4,2} = 29 \text{ мин.}$$

Коэффициент эффективности равен

$$\varepsilon = \frac{29}{12,2} = 2,38.$$

По полученному показателю эффективность запроектированной системы умеренная (табл. 6.3).

Скорость передвижения населения ( $V_{\text{пер}}$ ) к главному транспортному узлу определяется по формуле (6.12):

$$V_{\text{пер}} = \frac{60 \cdot 2,38}{14,5} = 9,8 \text{ км/час.} \quad (6.14)$$

Итоговая скорость передвижения населения в данном примере умеренная (табл. 6.4).

Полученные показатели эффективности запроектированной транспортной сети сводятся в табл. 6.5 и сравниваются с рекомендуемыми значениями (табл. 6.3, 6.4).

Таблица 6.3

**Оценка степени эффективности транспортных систем  
по трудности сообщения с главным транспортным узлом  
и коэффициенту эффективности**

Трудность сообщения	$T_{\text{ср}}$ , мин	Эффективность системы	Коэффициент эффективности ( $\epsilon$ )
очень малая	до 20	очень малая	до 1,43
малая	20–24	малая	1,431–2,28
умеренная	24–28	умеренная	2,281–3,10
большая	28–32	большая	3,101–4,00
очень большая	32–34	очень большая	4,001–5,00
исключительно большая	более 34	исключительно большая	более 5,00

Следует считать обязательным обеспечение в крупных и крупнейших городах не более чем умеренной трудности сообщения с главным транспортным узлом (центром города), для других городов — не более чем малой.

Таблица 6.4

**Классификация итоговых условных скоростей передвижения населения  
по направлению к главному транспортному узлу города**

Группа городов	Наименование итоговой скорости передвижения населения	$V_{\text{пер}}$ , км/ч
I	очень малая	до 6,0
II	малая	6,01–9,6
III	умеренная	9,61–13,0
IV	большая	13,01–16,8
V	очень большая	16,81–21,0
VI	исключительно большая	более 21,0



Таблица 6.5

**Показатели эффективности запроектированной транспортной системы**

№ п/п	Наименование показателя	Обозначение, ед. измерения	Значение показателя	Оценка показателя по классификации
1	Трудность сообщения	$T_{\text{ср}}$ , мин		
2	Коэффициент эффективности	$\varepsilon$		
3	Скорость передвижения	$V_{\text{пер}}$ , км/ч		

На основании полученных результатов необходимо оценить эффективность запроектированной транспортной сети и маршрутной системы.

**Контрольные вопросы**

1. Понятие изохроны.
2. Принципы построения изохрон.
3. Уравнение изохроны.
4. Транспортная и пешеходная трудность сообщения.
5. Оценка эффективности транспортной системы.
6. Скорость передвижения населения.

## 7. Выбор вариантов видов городского транспорта и типов подвижного состава

---

**В**ид общественного пассажирского транспорта следует выбирать на основании расчетных пассажиропотоков, дальности поездок пассажиров и провозной способности различных видов транспорта. Величина пассажиропотока определяется количеством пассажиров, проезжающих через поперечное сечение сети в единицу времени.

**Провозная способность видов транспорта** определяется максимальным количеством пассажиров, которое может быть перевезено в течение часа в одном направлении при условии обеспечения безопасности движения.

Провозная способность различных видов транспорта, параметры устройств и сооружений (платформы, посадочные площадки) определяются при норме наполнения подвижного состава на расчетный срок, равной четырем пассажирам на один м<sup>2</sup> свободной площади пола пассажирского салона для обычных видов наземного транспорта и трем м<sup>2</sup> — для скоростного транспорта.

Теоретическая провозная способность видов транспорта и типов подвижного состава определяется по формуле:

$$P_o = \omega N_o, \quad (7.1)$$

где  $\omega$  — вместимость единицы подвижного состава, пассажиров,

$N_o$  — теоретическая пропускная способность остановочного пункта, ед/ч.

**Пропускная способность транспортных линий** определяется максимальным количеством единиц подвижного состава, которое может быть пропущено через какое-либо сечение линии в течение часа в одну сторону без нарушений правил движения.

При выборе видов пассажирского транспорта следует руководствоваться ориентировочной провозной способностью и скоростью сообщения различных видов транспорта.

Таблица 7.1

**Характеристика провозной способности  
различных видов пассажирского транспорта**

Класс провозной способности	Характеристика провозной способности	Виды транспорта	Средняя скорость сообщения, км/ч	Провозная способность в одном направлении, тыс. пасс./ч*
I	очень высокая	<i>электрифицированная железная дорога</i>	50–60	35–60
		<i>метрополитен</i>		
		— 5 вагонов — 8 вагонов	40–45 40–45	25–30 45–50
II	высокая	<i>скоростной трамвай</i>		
		— вместимостью до 120 пасс	25–30	12–20
		— вместимостью свыше 120 пасс	25–30	20–24
		<i>трамвай</i>		
		— вместимостью до 120 пасс	18–20	6–8
		— вместимостью свыше 120 пасс	18–20	9–12
		<i>монорельсовая дорога</i>	60–70	10–30

Окончание табл. 7.1

Класс провозной способности	Характеристика провозной способности	Виды транспорта	Средняя скорость сообщения, км/ч	Провозная способность в одном направлении, тыс. пасс./ч*
III	средняя	<i>троллейбус</i>	18	4–6
		<i>автобус</i> — вместимостью до 60 пасс	18–20	3–4
		— вместимостью свыше 60 пасс	18–20	5–6
		<i>автобус-экспресс</i>	20–25	8–10
IV	низкая	<i>микроавтобус</i>	18–20	1,0–1,2
		<i>легковой автомобиль</i>	25–30	1,0–1,5
		<i>вертолет</i>	50–60	0,5–0,6

Примечание\*: таблица дана из расчета размещения четырех стоящих пассажиров на 1 м<sup>2</sup> свободной площади пола.

Назначение возможных вариантов видов транспорта, типов подвижного состава производится в зависимости от величины города и численности населения, которые определяют размеры пассажиропотоков.

В малых (20–50 тыс.) и средних городах (50–100 тыс.) в качестве основного вида общественного транспорта следует принимать автобусный транспорт.

В больших городах (100–250 тыс.), наряду с автобусным транспортом, допускается применение троллейбусного транспорта, а при наличии потока 6–8 тыс. и более пассажиров в час пик в одном направлении допускается применение трамвайного транспорта; применение более двух видов общественного транспорта в этих городах допускается при технико-экономическом обосновании.

В крупных городах (250—500 тыс.) следует предусмотреть в качестве основных видов транспорта автобус и троллейбус, на линиях с наибольшими пассажиропотоками возможен трамвай.

В крупных городах (500—1000 тыс.) следует предусматривать преимущественное развитие городского электрического транспорта (трамвай, троллейбус), а по направлению основных транспортных связей между удаленными районами — скоростных видов транспорта (скоростного трамвая или экспресс-автобуса).

В крупных городах рекомендуется использовать все три вида транспорта в зависимости от величины пассажиропотоков.

В крупнейших городах с расчетной численностью населения более миллиона человек следует предусматривать при соответствующих обоснованиях строительство скоростного транспорта — скоростного автобуса, легкового рельсового транспорта, метрополитена, а на отдельных направлениях — глубоких вводов или диаметров пригородно-городских железных дорог.

Особое место в транспортной системе любого города занимает автобус, он необходим и незаменим в любом городе.

Установление вида транспорта и типа подвижного состава для каждого из маршрутов производится в зависимости от величины часового пассажиропотока в одном направлении на наиболее загруженном участке и провозной способности видов транспорта. При выборе вида транспорта по мощности пассажиропотока на картограмме отыскивают сечение с максимальной часовой нагрузкой и подбирают те виды транспорта, провозная способность которых больше или равна величине наибольшего пассажиропотока в час пик в одном направлении. Следует выбирать тот вид транспорта, у которого провозная способность равна или больше максимального пассажиропотока на самом загруженном участке маршрута.

В табл. 7.2 приведены значения вместимости и провозной способности различных видов транспорта и типов подвижного состава при нормальном наполнении из расчета 4 чел. на 1 м<sup>2</sup> свободной площади пола и при максимальном — из расчета 5 чел. на 1 м<sup>2</sup> свободной площади пола.

Таблица 7.2

**Характеристика типов подвижного состава  
по вместимости и провозной способности**

Вид транспорта	Тип подвижного состава	Вместимость транспортного средства, пасс.		Пропускная способность транспортной линии, ед./ч	Провозная способность, пасс./ч, в одну сторону при наполнении	
		нормальная	максимальная		нормальном	максимальном
Трамвай	четырёхосный вагон	100	120	60	6000	7200
	шестиосный	150	180	60	9000	10800
Троллейбус	двухосный вагон	73	84	60	4380	5040
	трехосный	106	120	60	6360	7200
Автобус	малый	30	40	90	2700	3600
	средний	58	80	90	5220	7200
	большой	75	100	90	6750	9000
	особо большой	90	120	90	8100	10800

В условиях реконструируемого города проверяется целесообразность использования на маршрутах существующих видов транспорта, при несоответствии провозной способности этого вида транспорта величине пассажиропотока производится

выбор требуемого вида транспорта и типа подвижного состава, определение потребного количества единиц, технико-эксплуатационных показателей.

При развитии сложившейся транспортной системы в существующем городе или в случае проектирования транспортной связи города с новым жилым или промышленным районом при выборе видов транспорта необходимо установить, какой из имеющихся видов транспорта целесообразно развивать и в какой степени.

Выбор видов общественного пассажирского транспорта следует осуществлять на основе сравнения технико-экономических показателей различных вариантов. При этом величина максимального часового пассажиропотока должна быть характерной для большей части сети, что возможно оценить по картограмме пассажиропотоков с помощью коэффициента неравномерности загрузки маршрута по длине.

Характер неравномерности загрузки маршрута пассажиропотоками по длине определяет эффективность работы городского транспорта и степень использования подвижного состава и оценивается коэффициентом неравномерности.

Коэффициент неравномерности пассажиропотока по длине маршрута определяется по формуле:

$$\kappa_{\text{Д}} = \frac{R_{\text{max}}}{R_{\text{срвзв}}}, \quad (7.2)$$

где  $R_{\text{max}}$  — суточный пассажиропоток на максимально загруженном перегоне в двух направлениях;

$R_{\text{срвзв}}$  — средневзвешенный пассажиропоток на маршруте, который определяется по формуле на основании суточной картограммы пассажиропотоков (рис. 8.1):

$$R_{\text{срвзв}} = \frac{R_1 l_1 + R_2 l_2 + \dots + R_n l_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n} = \frac{\sum_n R_n l_n}{l_{\text{м}}}. \quad (7.3)$$

Величина коэффициента неравномерности по длине колеблется в широких пределах. Наиболее приемлемые значения коэффициентов, при которых обеспечивается нормальное использование вместимости подвижного состава по различным рекомендациям, составляют:

$\kappa_{\text{д}} = 1,13 \dots 2,3$  — В. А. Юдин, Д. С. Самойлов [7];

$\kappa_{\text{д}} = 1,5 \dots 2,5$  — М. С. Фишельсон [10];

$\kappa_{\text{д}} = 1,5 \dots 1,8$  — «Справочник проектировщика» [2].

Как показывает практика, при коэффициенте неравномерности загрузки маршрута по длине, превышающем 2,5, максимальный пассажиропоток является нехарактерным для маршрута. Необходимо выяснить причину такой неравномерности и принять меры для разгрузки таких участков или предусмотреть корректировку маршрутов.

При сравнительно небольшом размере максимального часового пассажиропотока необходимо проверить целесообразность вида транспорта по минимальному пассажиропотоку, экономически оправдывающему применение данного вида транспорта (при наибольшем допустимом интервале движения — 10 мин и коэффициенте наполнения 0,3), который составляет ориентировочно в час в одну сторону:

для автобуса — 200 пасс.,

для троллейбуса — 300 пасс.,

для трамвая — 400 пасс.,

для метрополитена — 4000 пасс.



## 8. Определение количества подвижного состава

---

Количество подвижного состава в движении ( $N_{\text{дв}}$ ) определяется для каждого варианта выбранных видов транспорта и типов подвижного состава отношением суточной работы транспорта к суточной производительности единицы подвижного состава по формуле:

$$N_{\text{дв}} = \frac{M_{\text{сут}}}{H_{0\text{сут}}}, \quad (8.1)$$

где  $M_{\text{сут}}$  — суточная работа транспорта, перевозящего пассажиров на маршруте в двух направлениях, пасс. км/сут.

$H_{0\text{сут}}$  — суточная производительность единицы подвижного состава, пасс. км/сут.

$M_{\text{сут}}$  определяется на основании суточной картограммы пассажиропотоков (рис. 8.1) по формуле:

$$M_{\text{сут}} = R_1 l_1 + R_2 l_2 + \dots + R_n l_n = \sum_n R_n l_n, \quad (8.2)$$

где  $n$  — номер участка маршрута;

$R_n$  — суточный пассажиропоток на  $n$ -м участке маршрута в двух направлениях;

$l_n$  — длина участка;

Суточная производительность единицы подвижного состава  $N_{0\text{сут}}$  определяется по формуле:

$$H_{0\text{сут}} = V_{\text{э}} h \omega \eta, \quad (8.3)$$

где  $V_{\text{э}}$  — эксплуатационная скорость (принимается для расчетов: троллейбус — 16, автобус — 18, трамвай — 17 км/ч);

$h$  — число часов работы подвижного состава в сутки (принимается 12–14 ч);

$\omega$  — нормальная вместимость единицы подвижного состава в сутки (принимается по табл. 7.2);

$\eta$  — среднесуточный коэффициент наполнения подвижного состава (0,25–0,30).

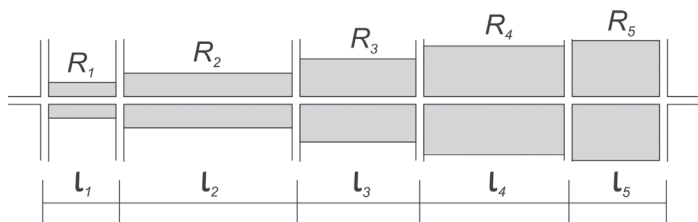


Рис. 8.1. Картограмма суточных пассажиропотоков по длине маршрута

Потребность в инвентарном подвижном составе определяется с учетом необходимости его периодического ремонта по формуле:

$$N_{\text{инв}} = \frac{N_{\text{дв}}}{\alpha_{\text{в}}}, \quad (8.4)$$

где  $N_{\text{дв}}$  — количество единиц подвижного состава в движении, определенное по формуле (8.1);

$\alpha_{\text{в}}$  — коэффициент использования подвижного состава, который рекомендуется принимать:

- для трамвайных моторных вагонов — 0,90;
- для трамвайных прицепных вагонов — 0,95;
- для троллейбусов — 0,85;
- для автобусов — 0,80.

Расчет количества подвижного состава производится в табл. 8.1 (с. 70).

## 9. Определение технико-эксплуатационных показателей

---

Для обоснования наиболее целесообразного вида транспорта и типа подвижного состава необходимо сопоставить предварительно намеченные варианты по следующим технико-эксплуатационным показателям:

- 1) маршрутный интервал;
- 2) частота движения на маршруте;
- 3) сетевой интервал на наиболее загруженных участках сети;
- 4) коэффициент наполнения в часы пик.

1. Маршрутный интервал движения определяется по формуле:

$$t_{\text{м}} = \frac{2 \cdot 60 l_{\text{м}}}{V_{\text{э}} N_{\text{дв}}}, \quad (9.1)$$

где  $t_{\text{м}}$  — маршрутный интервал, мин;

$l_{\text{м}}$  — длина маршрута в одном направлении, км;

$V_{\text{э}}$  — эксплуатационная скорость, км/ч;

$N_{\text{дв}}$  — количество единиц подвижного состава в движении.

На маршрутах интервал движения общественного транспорта внутри города не рекомендуется превышать 10 мин (табл. 9.1).

Таблица 9.1

**Классификация маршрутных интервалов**

Характеристика интервала	Маршрутный интервал, мин	Частота движения, ед./ч
очень удобный	до 2	более 30
удобный	2–4	30–15
умеренно удобный	4–6	15–10
приемлемый	6–8	10–7,5
мало удобный	8–10	7,5–6
неудобный	свыше 10	менее 6

Если маршрутный интервал получается более 7–10 мин, следует принять транспортные средства меньшей вместимости, соответственно увеличив их количество.

2. Частота движения на маршруте определяется по формуле:

$$n = \frac{60}{t_m}. \quad (9.2)$$

3. Если на участке сети совмещаются несколько маршрутов, то необходимо рассчитать сетевой интервал, который определяется по формуле:

$$t_c = \frac{60}{n_1 + n_2 + \dots n_n}. \quad (9.3)$$

или

$$t_c = \frac{1}{\frac{1}{t_{m1}} + \frac{1}{t_{m2}} + \dots + \frac{1}{t_{mn}}}, \quad (9.4)$$

где  $n_1, n_2, n_n$  — частота движения на маршрутах, проходящих по данному участку.

На участках сети, имеющих наибольшую величину пассажиропотоков, требуется проверка соответствия пропускной

способности остановочных пунктов фактической частоте движения. Проверка может производиться по одному из двух показателей: по частоте движения или по сетевому интервалу.

При этом должны соблюдаться условия:

$$n \leq \beta N_o \quad (9.5)$$

или

$$t_c \geq t_c^{\min} = \frac{60}{\beta \cdot N_o}, \quad (9.6)$$

где  $\beta$  — коэффициент, снижающий пропускную способность остановочного пункта за счет совместного движения различных видов транспорта по одной полосе и других помех ( $\beta = 0,65–0,80$ );

$N_o$  — пропускная способность остановочного пункта (табл. 7.2).

#### 4. Коэффициент наполнения в часы пик.

Если в результате расчета получены приемлемые величины интервалов движения и частоты движения по маршрутам, то производится проверка наполнения подвижного состава в часы пик на наиболее загруженных участках сети по формуле:

$$\eta_{\max} = \frac{R_{\text{час}}^{\max}}{\omega_p \cdot n}, \quad (9.7)$$

где  $R_{\text{час}}^{\max}$  — максимальный поток на маршруте в  $i$ -м направлении;

$n$  — частота движения на маршруте;

$\omega_p$  — максимальная вместимость единицы подвижного состава (табл. 7.2).

Максимальный расчетный часовой пассажиропоток на наиболее загруженном перегоне в одном направлении, являющийся расчетной величиной для выбора вида транспорта и типов подвижного состава на маршруте, определяется по формуле:

$$R_{\text{час}}^{\text{max}} = \frac{R_{\text{сут}}^{\text{max}} K_{\text{напр}} \cdot \gamma \cdot K_{\text{вч}}}{2}, \quad (9.8)$$

где  $R_{\text{сут}}^{\text{max}}$  — суточный пассажиропоток в двух направлениях на наиболее загруженном перегоне сети или маршрута;

$K_{\text{напр}}$  — коэффициент, учитывающий неравномерность часового потока по направлениям, который зависит от размещения на территории города предприятий, учреждений и прочих мест труда, от режима работы в них. Для часа пик он колеблется в пределах от 1,05 до 1,75. Определяется отношением часового потока в одном максимальном направлении к среднему потоку на этом участке (рис. 9.1):

$$K_{\text{напр}} = \frac{R_{\text{max}}}{R_{\text{cp}}}, \quad (9.9)$$

где  $R_{\text{max}}$  — пассажиропоток на максимально загруженном направлении участка, пасс.;

$R_{\text{cp}}$  — средний пассажиропоток на участке, пасс.:

$$R_{\text{cp}} = \frac{R_1 + R_2}{2}, \quad (9.10)$$

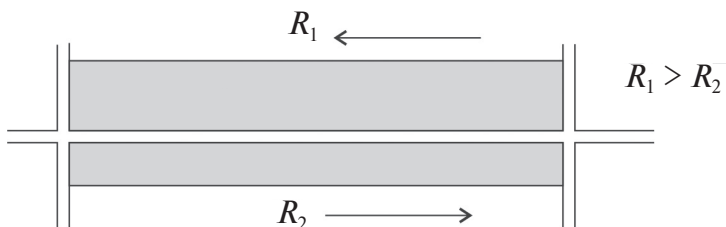


Рис. 9.1. Картограмма часовых пассажиропотоков на участке маршрута по направлениям

$\gamma$  — коэффициент часового максимума (0,06–0,15), принимается в курсовом проекте по заданию или по материалам обследований в конкретном городе;

$K_{вч}$  — коэффициент внутрисуточной неравномерности (1,2–1,3), принимается в курсовом проекте по заданию или по материалам обследований в конкретном городе.

Коэффициент наполнения вагонов в часы пик не должен превышать рекомендуемого значения 1,0–1,1.

Когда коэффициент наполнения в часы пик значительно ниже 1,0, то частота движения ( $n$ ) и потребность в подвижном составе ( $N_{дв}$ ) для таких маршрутов могут быть определены по размеру максимального пассажиропотока по формулам:

$$n = \frac{R_{\text{час}}^{\text{max}}}{\omega_p}, \quad (9.11)$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{2l_m R_{\text{час}}^{\text{max}}}{V_{\text{э}} \omega_p} = \frac{2l_m}{V_{\text{э}}} n. \quad (9.12)$$

В случае, если при проверке получены недопустимые маршрутные или сетевые интервалы движения или высокие коэффициенты наполнения, необходимо принять подвижной состав большей вместимости, изменить вид транспорта или маршрутную систему.

Если после этого не удастся получить рекомендуемые значения коэффициентов наполнения, необходимо проверить характер загрузки маршрута по длине.

Полученные в результате расчетов показатели сводятся в табл. 8.1 (с. 70).

## 10. Корректировка маршрутов

---

На основании картограмм пассажиропотоков и полученных технико-эксплуатационных показателей в случае необходимости производится корректировка предварительно запроектированной маршрутной системы с точки зрения соответствия этой системы полученным по расчету размерам пассажиропотоков.

Корректировка в основном сводится к следующим мероприятиям:

- ликвидации ненагруженных линий или участков маршрутов;
- введению дополнительных дублирующих линий;
- переводу того или иного маршрута на другую трассу;
- созданию подмаршрутов для снижения неравномерности распределения пассажиропотоков по длине маршрута.

Существуют ситуации, при которых требуется корректировка ранее запроектированных маршрутов. Рассмотрим эти ситуации подробнее.

*Ситуация 1.* Расчетный поток на каком-либо маршруте оказывается столь малым, что даже при использовании подвижного состава наименьшей вместимости на нем экономически невозможно поддерживать даже малоудобный для населения интервал движения между машинами в непиковые часы суток.

Участки с минимальными пассажиропотоками должны допускать организацию пассажироперевозок поездами минимальной расчетной вместимости с интервалами между ними, не пре-



вышающими максимально допустимое значение. Это условие может быть выражено формулами:

$$R_{\min} \leq R_{\text{ср час}}, \quad (10.1)$$

$$R_{\min} = \frac{60\omega\eta}{t_{\text{м max}}}, \quad (10.2)$$

где  $R_{\min}$  — минимально допустимый средний за сутки часовой поток, при котором может быть организован маршрут;

$\eta$  — среднесуточный коэффициент наполнения подвижного состава, принимаемый в пределах 0,25–0,30;

$\omega$  — нормальная вместимость единицы подвижного состава в сутки (принимается по табл. 7.2);

$t_{\text{м max}}$  — максимально допустимый маршрутный интервал для внутригородских перевозок, равный 10 мин.

Фактический средний за сутки часовой поток в одном направлении ( $R_{\text{ср час}}$ ) на участке сети с минимальной загрузкой составит

$$R_{\text{ср час}} = N_{\text{дв}} \frac{R_{\text{сут}}^{\min} K_{\text{напр}}}{2h}, \quad (10.3)$$

где  $R_{\text{сут}}^{\min}$  — суточный пассажиропоток в двух направлениях на участках с минимальной загрузкой (см. картограмму пассажиропотоков);

$h$  — число часов работы городского транспорта в сутки (принимается 12–14 часов);

$K_{\text{напр}}$  — коэффициент неравномерности пассажиропотоков по направлениям.

Если фактический поток окажется меньше минимально допустимого, то в этом случае рассматриваемый маршрут лучше исключить из проектного решения, а пассажиропотоки — переложить на другие маршруты.

*Ситуация 2.* Расчетный пассажиропоток на максимально загруженном перегоне одного или нескольких маршрутов требует такой частоты движения, что на том участке сети, где сходятся

эти маршруты вместе, оказывается недостаточной провозная способность транспорта и пропускная способность остановочных пунктов.

Участки с максимальными пассажиропотоками должны допускать организацию перевозок поездами максимальной расчетной вместимости с интервалами между поездами, не меньшими минимально допустимого, что может быть выражено следующими формулами:

$$R_{\text{мах доп}} \geq R_{\text{мах час}} , \quad (10.4)$$

$$R_{\text{мах доп}} = \frac{60\omega_{\text{мах}}}{t_{\text{м мин}}} , \quad (10.5)$$

где  $R_{\text{мах доп}}$  — допустимый максимальный часовой поток, который может быть освоен транспортом;

$\omega_{\text{мах}}$  — расчетная максимальная вместимость подвижного состава (см. табл. 7.2 с. 56);

$t_{\text{м мин}}$  — минимальный маршрутный интервал, мин;

$R_{\text{мах час}}$  — величина фактического максимального часового пассажиропотока в одном направлении, определяемая на основании суточной картограммы по формуле:

$$R_{\text{мах час}} = \frac{R_{\text{мах сут}} K_{\text{напр}} \gamma K_{\text{вч}}}{2} . \quad (10.6)$$

При нарушении условия, выраженного формулой (10.4), необходимо принять решение по увеличению пропускной способности остановочных пунктов или по переводу того или иного из рассматриваемых маршрутов на другую трассу.

*Ситуация 3.* Расчетный поток по длине маршрута оказывается настолько различным по величине, что становится очевидной необходимость в организации вместо одного маршрута полной длины двух укороченных маршрутов: одного с полной длиной маршрута, но с несколько меньшей частотой движения,

соответствующей пассажиропотоку на наименее загруженной части маршрута, и второго — укороченного, с такой частотой движения, чтобы суммарная частота на обоих маршрутах находилась в соответствии с величиной пассажиропотока на наиболее нагруженной части маршрута. Возможно создание двух подмаршрутов укороченной длины, перекрывающих друг друга на участках наиболее нагруженной части маршрута. Суммарная частота движения на двух маршрутах должна находиться в соответствии с максимальным пассажиропотоком на маршруте (рис. 10.1). Создание двух укороченных подмаршрутов возможно лишь в том случае, когда не повышается пересадочность связей.

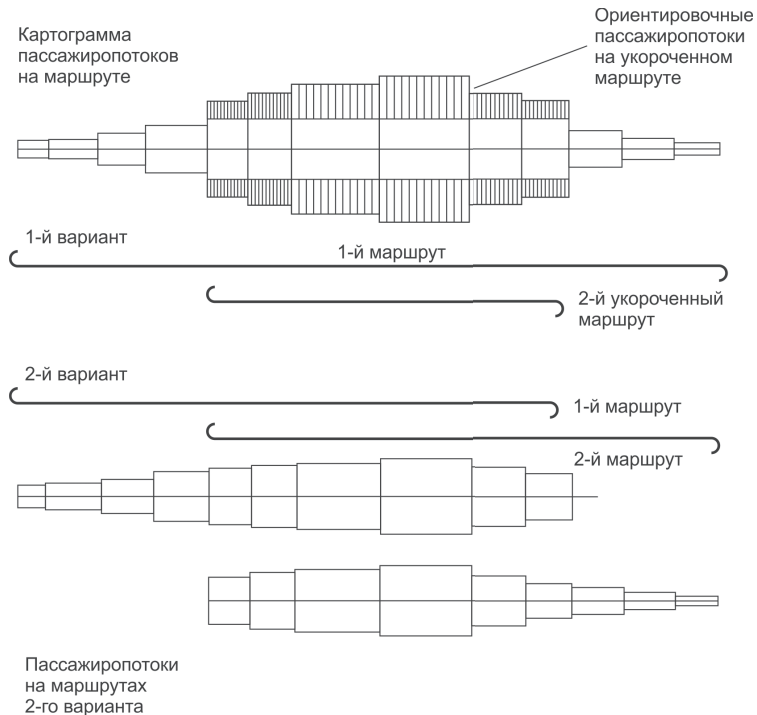


Рис. 10.1. Корректировка маршрутов

Таблица 8.1  
Расчет количества подвижного состава и технико-эксплуатационных показателей вариантов

Номер маршрута	2	3	4	5	6	7	Вместимость подвижного состава		Эксплуатационная скорость, км/ч, $V_{\text{э}}$	10	11	12	13	14	15	16	17
							нормальная $\omega$	максимальная $\omega_p$									
...		Максимальный суточный поток на маршруте в двух направлениях, $R_{\text{max сут}}$	Максимальный часовой поток на маршруте в одном направлении, $R_{\text{max час}}$	Длина маршрута, км, $l$ , $l_i$	Коэффициент неравномерности загрузки маршрута по длине, $K_L$	Варианты видов и типов подвижного состава			Суточная производительность единиц подвижного состава, $H_{\text{сут}}$	Количество подвижного состава в движении на маршруте, $N_{\text{дв.}}$	Маршрутный интервал, $t_m$	Частота движения, $n$	Количество подвижного состава в инвентарном парке, $N_{\text{инв.}}$	Коэффициент наполнения в часы пик, $n_{\text{пик}}$	Количество подвижного состава для освоения, $P_{\text{max час}}$		
2																	
1																	
11																	

# Список литературы

---

1. Горбанев Р. В. Городской транспорт / Р. В. Горбанев. — Москва : Стройиздат, 1990. — 215 с.
2. Градостроительство: справочник проектировщика / под общ. ред. проф. В. Н. Белоусова. — Москва : Стройиздат, 1978. — 376 с.
3. Методические указания по проектированию сетей общественного транспорта, улиц и дорог. Вып. 1. — Москва : ЦНИИПГрадостроительства, 1968. — 125 с.
4. НГПСО 1–2009.66. Нормативы градостроительного проектирования Свердловской области. — Екатеринбург : УралНИИпроект РААСН, 2009. — 190 с.
5. Нормативы градостроительного проектирования городского округа — муниципального образования «город Екатеринбург», утверждены решением Екатеринбургской городской Думы от 22 декабря 2015 г. № 61/44. — Екатеринбург, 2015. — 22 с.
6. Овечников Е. В. Городской транспорт / Б. В. Овечников, М. С. Фишельсон. — Москва : Высш. шк., 1976. — 352 с.
7. Самойлов Д. С. Городской транспорт : учебник для вузов / Д. С. Самойлов, В. А. Юдин. — Москва : Высш. шк., 1981. — 258 с.
8. Свод правил СП 42.13330.2016. Актуализированная редакция СНиП 2.07.01–89\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений. — Москва, 2016. — 101 с.

9. Свод правил СП 98.13330.2012. Атуализированная редакция СНиП 2.05.09–90 Трамвайные и троллейбусные линии. — Москва, 2012.

10. Фишельсон М. С. Транспортная планировка городов : учеб. пособие для студ. авт.-дор. спец. вузов / М. С. Фишельсон. — Москва : Высш. шк., 1985. — 239 с.

11. Графоаналитический метод в градостроительных исследованиях и проектировании / А. М. Якшин, Т. М. Говоренкова, М. И. Каган [и др.]. — Москва : Стройиздат, 1979. — 204 с.

# Приложение 1

## Содержание и график выполнения курсового проекта по дисциплине «Городской транспорт и организация движения»

№ п/п	Содержание этапов работы	Процент от общего объема	Сроки вы- полнения
1	Описание особенностей плана города	2	1-я неделя
2	Подготовка подосновы города в М 1: 20000	3	1-я неделя
3	Составление точечной планограммы размещения населения	5	1-я неделя
4	Анализ компактности формы террито- рии города	7	1-я неделя
5	Построение километрограммы	8	1-я неделя
Итого за 1-ю неделю		25	
6	Определение реальной и воздуш- ной удаленности населения, степени непрямолинейности	5	2-я неделя
7	Проектирование транспортной сети и маршрутной системы (1-й вариант)	10	2-я неделя
8	То же (2-й вариант)	10	2-я неделя
Итого за 2-ю неделю		25	
9	Оценка показателей транспортной и маршрутной сети, выбор варианта	5	3-я неделя
10	Размещение остановочных пунктов	5	3-я неделя
11	Расчет для построения изохрон	15	
Итого за 3-ю неделю		25	3-я неделя
12	Построения изохронограммы	10	4-я неделя

№ п/п	Содержание этапов работы	Процент от общего объема	Сроки вы- полнения
13	Определение показателей эффективности транспортной системы	5	4-я неделя
14	Оформление пояснительной записки, графических материалов, защита проекта	10	4-я неделя
	Итого за 4-ю неделю	25	
	Всего по проекту:	100	4-я неделя



# Приложение 2

---

## **Состав и оформление графической части проекта**

1. Схематический план города (рис. П2.1).
2. Километрограмма, совмещенная с точечной планограммой расселения населения, М 1: 20000 (возможно совмещение с рис. П2.1).
3. Маршрутная схема (два варианта), М 1: 20000. Выбранный вариант с размещением остановочных пунктов (рис. П2.2).
4. Изохронограмма, совмещенная с точечной планограммой расселения населения, М 1: 20000 (рис. П2.3).

Графические материалы могут быть оформлены с применением Auto CAD.

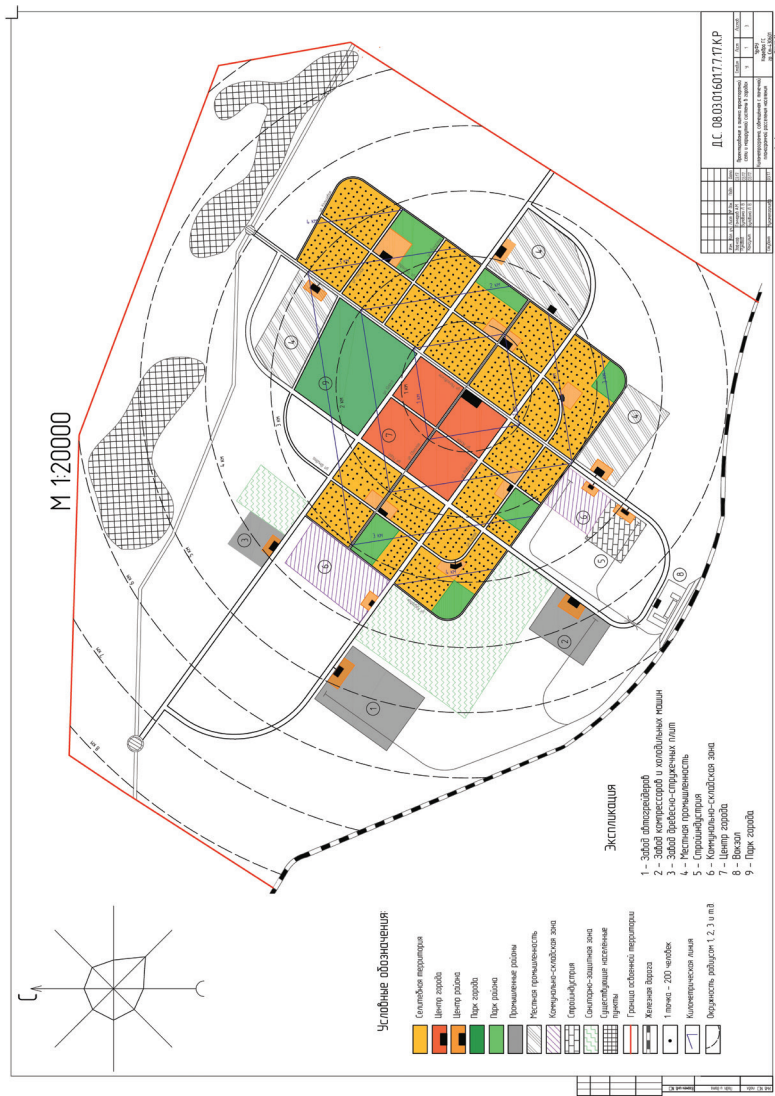


Рис. П2.1. Километрограмма, совмещенная с точечной планограммой расселения населения М 1: 20000





Рис. П2.3. Изохронограмма, совмещенная с точечной планограммой расселения населения М 1: 20000

# Оглавление

---

Предисловие.....	3
1. Характеристика плана города .....	5
2. Анализ плана города с точки зрения потребности в транспорте .....	6
2.1. Размеры территории города .....	6
2.2. Компактность формы освоенной территории .....	7
2.3. Удаленность населения от главного транспортного узла или центра города .....	9
2.4. Планировка улично-дорожной сети.....	13
3. Проектирование транспортной системы города.....	17
3.1. Транспортная сеть и требования к ней.....	17
3.3. Показатели транспортной сети.....	21
3.3. Проектирование маршрутной системы.....	28
3.4. Показатели маршрутной системы .....	31
4. Размещение остановочных пунктов .....	35
5. Сравнение запроектированных вариантов транспортной сети и маршрутной системы .....	39
6. Оценка эффективности запроектированной транспортной сети и маршрутной системы .....	42
7. Выбор вариантов видов городского транспорта и типов подвижного состава .....	52
8. Определение количества подвижного состава .....	59
9. Определение технико-эксплуатационных показателей .....	61
10. Корректировка маршрутов.....	66
Список литературы .....	71
Приложение 1.....	73
Приложение 2.....	75

*Учебное издание*

**Булавина Людмила Вениаминовна**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
И ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ  
И МАРШРУТНОЙ СИСТЕМЫ В ГОРОДАХ**

Редактор *О. В. Климова*  
Корректор *А. А. Трофимова*  
Верстка *Е. В. Ровнушкиной*

Подписано в печать 05.03.2019. Формат 60×84 1/16.  
Бумага писчая. Цифровая печать. Усл. печ. л. 4,7.  
Уч.-изд. л. 3,5. Тираж 40 экз. Заказ 25.

Издательство Уральского университета  
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ  
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5  
Тел.: 8 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41  
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ  
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4  
Тел.: 8 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13  
Факс: 8 (343) 358-93-06  
<http://print.urfu.ru>



